

**Dorota Pikula**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

## NAWOŻENIE KUKURYDZY UPRAWIANEJ NA ZIARNO\*

**Słowa kluczowe:** kukurydza, potrzeby pokarmowe, nawożenie mineralne i naturalne, nawożenie mikroelementami

### Wstęp

Kukurydza należy do jednej z najbardziej opłacalnych i przyszłościowych roślin uprawy polowej w Polsce. W latach 90. XX w. rozwój uprawy tej rośliny był spowalniany z powodu niskich cen i importu znacznych ilości ziarna kukurydzy. Obecnie rosnące zainteresowanie rolników uprawą kukurydzy wynika z wysokiej jej wydajności i wszechstronności użytkowania (19). Kukurydza jest nie tylko cenną rośliną pastewną wykorzystywaną w żywieniu wielu gatunków zwierząt hodowlanych, ale także rośliną przemysłową, coraz częściej wykorzystywaną w przemyśle spożywczym oraz jako surowiec energetyczny. Według danych GUS w roku 2012 kukurydzę na ziarno uprawiono w Polsce na powierzchni ponad 544 tys. ha, tj. o 64% większej niż w poprzednim roku, a zbiory osiągnęły poziom 4 mln ton (10).

### Wymagania siedliskowe i pokarmowe

Plonowanie kukurydzy, jak również jakość wytworzonego ziarna, zależy od wielu czynników, tj. nawożenia, warunków pogodowych, odmiany, stanowiska w zmianowaniu, rodzaju gleby oraz ochrony roślin. Spośród roślin uprawnych kukurydza reaguje najslabiej na uprawę w monokulturze. Można ją wysiewać w prawie każdym płodozmianie; w sposób intensywny i ekologiczny. Mimo to z doświadczeń prowadzonych z tą rośliną wynika, że kukurydza uprawiana w płodozmianie, nawet uproszczonym, plonuje o 10–20% wyżej niż w monokulturze (23). Na glebach ży-

\* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

znych, kompleksów pszennych i żytnich dobrych można z powodzeniem uprawiać ją po zbożach, natomiast na glebach kompleksu żytniego słabego zasiewy powinny poprzedzać rośliny poprawiające stanowisko (okopowe, strączkowe, mieszanki motylkowatych z trawami lub zbożami) (3). Bardzo dobrym rozwiązaniem, zwłaszcza w płodozmianach z przewagą zbóż, jest poprzedzająca kukurydzę uprawa międzyplonu ozimego wyki z żytem i uprawa tej rośliny nawożonej obornikiem. Badania naukowe potwierdzają dużą rolę kukurydzy w zmianowaniu związanej m.in. z ograniczeniem chorób, szkodników, chwastów, jak również polepszeniem jakości siedliska. Uprawa kukurydzy w monokulturze powoduje jednostronne wyczerpywanie się składników pokarmowych (23).

Kukurydza jako roślina pochodząca z klimatu podzwrotnikowego charakteryzuje się dużymi wymaganiami cieplnymi, co wpływa oczywiście ograniczająco na zasięg jej uprawy i wielkość plonów ziarna. Stąd wymaga umiejętnego doboru odmian tolerancyjnych na chłód, które, posiadając cechę wczesnego dojrzewania, gwarantują zbiory ziarna bez ryzyka strat plonu (7, 22). Kukurydza dla prawidłowego rozwoju potrzebuje sumy temperatur efektywnych wynoszących 1700–3120°C. Dzięki prowadzeniu długoletniej pracy hodowlanej udało się poszerzyć ten zakres u odmian wczesnych i kukurydza dojrzewa także w krajach o klimacie umiarkowanym, o mniejszych sumach temperatur efektywnych (tab. 1) (22).

Tabela 1

Suma jednostek cieplnych potrzebnych do osiągnięcia poszczególnych faz rozwojowych roślin kukurydzy

Faza rozwojowa			
kwitnienie		dojrzałość	
wiech	kolb	woskowa	pełna
809,3	907,0	1208,2	1519,4

Źródło: Sulewska, 1997 (22)

Kukurydza mimo oszczędnej gospodarki wodnej, o czym świadczy niski współczynnik transpiracji (1:256), ma duże potrzeby wodne. Ilość wody dostępnej z opadów w okresie wegetacji kukurydzy, od kwietnia do maja, jest w Polsce podstawowym czynnikiem decydującym o wielkości uzyskiwanych plonów, silniej działającym ograniczająco na wielkość plonu niż czynniki termiczne. Gleby bardzo lekkie gromadzą w profilu glebowym do 1m maksymalnie 140 mm wody, lekkie – 210 mm, średnie – 280 mm, a ciężkie – 320 mm. Dlatego też niedobór wody, szczególnie na glebach lżejszych, jest poważnym czynnikiem ograniczającym plonowanie kukurydzy. Ilość akumulowanej wody uzależniona jest nie tylko od rodzaju gleby, ale też od zawartości glebowej materii organicznej. Podniesienie zasobów próchnicy w glebie zawsze poprawia warunki wodne w glebie (6, 22). Obliczono, że gdyby podnieść zawartość próchnicy w polskich glebach o 1%, to rocznie można by zmagazynować 30 mm

opadu więcej. Największe zapotrzebowanie kukurydzy na wodę przypada w fazie kwitnienia, czyli w lipcu i na początku sierpnia. Poza dużymi potrzebami wodnymi kukurydza ma również duże potrzeby pokarmowe, co do podstawowych składników pokarmowych NPK; największe względem potasu, następnie azotu i znacznie mniejsze odnośnie fosforu (7, 8, 11, 14). Na wytworzenie 1 tony ziarna wraz z odpowiednią ilością słomy pobiera średnio 38 kg potasu ( $K_2O$ ), 32 kg azotu (N) i 14 kg fosforu ( $P_2O_5$ ) (2, 7, 8). Wykazuje również duże zapotrzebowanie na wapń i magnez.

### **Dynamika pobierania składników pokarmowych**

Rośliny kukurydzy potrzebują do wzrostu i rozwoju oraz wydania dużego plonu wszystkich niezbędnych składników pokarmowych pobieranych w zależności od potrzeb, w odpowiednich ilościach i proporcjach, w kolejnych fazach ich rozwoju. Niedobór któregoś z nich, zwłaszcza w krytycznej fazie wzrostu tej rośliny, wpływa redukująco na plon ziarna (9, 15). Dynamika pobierania składników pokarmowych przez kukurydzę w dużym stopniu zależy od przebiegu pogody (1, 6, 7). W okresie wczesnowiosennym, gdy gleba jest jeszcze niedostatecznie ogrzana, często występują problemy z pobieraniem składników pokarmowych – głównie azotu i fosforu (7, 8, 9). Wpływ warunków pogodowych na koncentrację makroskładników w ziarnie kukurydzy potwierdza K r u c z e k (16). W temperaturze 5–12°C osłabiona jest aktywność młodych korzeni kukurydzy do pobierania jonów, szczególnie fosforu i azotu (14). Ponadto w tych warunkach zmniejsza się tempo procesu mineralizacji materii organicznej oraz rozpuszczalność niektórych form fosforu, to może skutkować zmniejszeniem plonowania kukurydzy, a w konsekwencji ujawnianie się w jej tkankach niedoboru składników mineralnych (1). Potas natomiast jest słabiej pobierany przy niskich temperaturach powietrza i okresowych suszach oraz gdy gleba wykazuje odczyn pH poniżej 5,5 (9). Pobieranie potasu może być utrudnione również na glebach zasobnych w magnez lub ubogich w fosfor oraz na glebach nadmiernie zagęszczonych w strefie ukorzeniania się. Niedostateczne odżywienie kukurydzy azotem, fosforem i potasem wpływa negatywnie na rozwój tej rośliny (6, 7, 8, 16). Kukurydza, mimo dużych całkowitych potrzeb odnośnie azotu, w początkowej fazie rozwoju pobiera niewielkie ilości tego składnika. Potrzeby kukurydzy względem azotu wrastają w miarę postępu wegetacji i szczyt zapotrzebowania na azot osiągają w okresie kwitnienia i na początku formowania ziarna. Charakterystycznymi objawami niedoboru azotu, widocznymi zwłaszcza w późniejszym okresie wegetacji są bladezielone liście, o węższych blaszkach liściowych. Długookresowy niedobór tego składnika u kukurydzy powoduje żółknięcie i zasychanie zwłaszcza dolnych liści. Poza tym rośliny rosną wolniej, dojrzewanie jest opóźnione, co przekłada się na znaczne obniżenie potencjału plonowania kukurydzy.

Fosforu kukurydza potrzebuje najwięcej w fazach: od kiełkowania do 6–8 liści oraz tworzenia ziarna i dojrzewania (6, 7, 9). Niedobór fosforu w pierwszych fazach

rozwojowych kukurydzy może uniemożliwić prawidłowy rozwój systemu korzeniowego, co w efekcie utrudni pobieranie wody oraz pozostałych składników pokarmowych. Charakterystycznym objawem niedoboru fosforu u kukurydzy są antocyjanowe przebarwienia na liściach i zahamowanie wzrostu rośliny.

Potas to składnik pokarmowy, który jest pobierany najintensywniej w fazie od 5–6 liści do kwitnienia kukurydzy (6, 7, 8). Pierwiastek ten zwiększa odporność roślin na wyleganie oraz znacznie zmniejsza ryzyko porażenia ich przez choroby grzybowe. Optymalna zawartość potasu w glebie i roślinie pozwala kukurydzy poprawnie gospodarować wodą, wpływa również korzystnie na prawidłowy przebieg fotosyntezy. Niedobór potasu u kukurydzy może powodować łamliwość jej łodyg oraz zmniejszać wypełnienie kolb ziarnem. Obliczono, że kukurydza w ciągu kilku tygodni intensywnego wzrostu może przyswoić średnio 240 kg  $K_2O \cdot ha^{-1}$  (8). Krytyczne fazy zapotrzebowania kukurydzy na składniki pokarmowe zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2

Krytyczne fazy zapotrzebowania kukurydzy na składniki pokarmowe

Faza rozwoju	Składniki pokarmowe
5-6 liści	N, P, Zn
Faza szybkiego wzrostu	N, K, Mg, S
Wyrzucanie wiechy – stadium wodne dojrzałości ziarniaka	woda, N, K, B, Zn
Nalewanie ziarna	P, N, Zn, Mg, S

Źródło: Grzebisz, 2012 (7)

### Nawożenie mineralne

Wybór technologii nawożenia kukurydzy powinien uwzględniać odmianę i przeznaczenie (ziarno, kiszonka z kolb – CCM, kiszonka z całych roślin), wysokość spodziewanych plonów, potrzeby pokarmowe, krytyczne fazy wzrostu i pobierania składników pokarmowych, odczyn i zasobność gleby w składniki pokarmowe stanowiące, na którym ma być uprawiana kukurydza. Znając wszystkie wyżej wymienione elementy, można precyzyjnie ustalić dawki i rodzaj nawozów mineralnych pod kukurydżę. Dawki nawozów mineralnych pod kukurydżę należy najlepiej wyliczać w oparciu o wyniki analiz próbek glebowych, co pozwala ustalać optymalne nawożenie z uwzględnieniem aktualnego stanu żyzności gleby oraz zapewnić wysoką efektywność stosowanych nawozów mineralnych. Dawki nawozów mineralnych można również ustalać w oparciu o zalecenia IUNG-PIB opracowane na podstawie wieloletnich doświadczeń polowych. Poniżej zamieszczono przykładowe dawki nawozów mineralnych w  $kg \cdot ha^{-1}$  w zależności od wielkości przewidywanego plonu kukurydzy.

Tabela 3

Zalecane dawki NPK (kg·ha<sup>-1</sup>) w zależności od prognozowanego plonu

Roślina	Plon (t·ha <sup>-1</sup> )	Azot (N)	Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potas (K <sub>2</sub> O)	Magnez (MgO)
Kukurydza na ziarno	5	80	55	70	30
	7	130	75	100	45
	9	180	95	125	55
	10	200	105	140	60
Kukurydza na zieloną masę	50	140	70	150	60
	60	160	80	175	70
	80	190	100	220	95
	100	220	120	240	110

Źródło: Jadczyzyn i in., 2013 (12)

Przy uprawie kukurydzy na ziarno lub CCM znaczna część składników zawartych w resztkach poźniwnych w praktyce pozostaje na polu, więc stanowi źródło składników pokarmowych dla rośliny następczej. W zależności od aktualnej zasobności gleby w przyswajalne składniki pokarmowe pod kukurydzą należy stosować składniki mineralne w postaci nawozów jedno- lub wieloskładnikowych (5, 9). Na gleby charakteryzujące się niską zasobnością w przyswajalne składniki pokarmowe zaleca się stosować nawozy jednoskładnikowe, natomiast na gleby o średniej zasobności – nawozy wieloskładnikowe. Mineralne nawozy fosforowo-potasowe pod kukurydzą zaleca się stosować w całości przedsięwzięciem, jesienią, po zbiorze przedplonu kukurydzy, pod orkę zimową. Na glebach lżejszych zalecane dawki nawozów PK można podać również przedsięwzięciem na wiosnę (1, 8). Należy dążyć do takiego zoptymalizowania nawożenia potasem, aby utrzymać średnią jego zawartość w glebie (12). Podobnie postępujemy, by zapewnić kukurydzy optymalną ilość fosforu, zwłaszcza na stanowiskach słabszych. W przypadku, gdy aktualne analizy gleby wykazują bardzo wysoką i wysoką zawartość przyswajalnego fosforu i potasu, proponowane dawki nawozów mineralnych można odpowiednio zmniejszyć o 30–40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> oraz K<sub>2</sub>O i 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> w stosunku do zaleceń. W przypadku niskiej zawartości P lub K dawki nawozów mineralnych należy zwiększyć o 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> oraz K<sub>2</sub>O (12). Jednym ze sposobów zwiększenia dostępności fosforu dla kukurydzy jest utrzymywanie odczynu gleby na pograniczu lekko kwaśnym i obojętnym (najlepiej 6,0–6,8). W tym zakresie pH fosfor znajduje się w glebie w formie najłatwiej dostępnej dla rośliny i rodzaj nawozu fosforowego nie odgrywa już większej roli (6, 9).

Mimo iż kukurydza jest rośliną mało wrażliwą na nadmiar azotu, to efektywność rolnicza i wykorzystanie azotu przez kukurydzą maleje w miarę wzrostu dawek N. Nadmiar azotu nie powoduje wyraźnych skutków przenawożenia tym składnikiem, ale wywiera jednak negatywny wpływ na jakość plonu oraz stanowi zagrożenie dla środowiska. Nawożenie kukurydzy azotem nie powinno zatem jednorazowo przekraczać 80 kg czystego składnika na hektar. Wyższe dawki azotu należy podzielić na dwie. Połowę dawki należy zastosować przedsięwzięciem w postaci, np. salety amonowej,

a drugą część, np. w postaci RSM, pogłównie. Poglówne nawożenie kukurydzy azotem powinno być wykonane, gdy rośliny osiągną wysokość 30–35 cm. W celu uniknięcia poparzenia roślin nawozy należy stosować w bezdeszczowe dni za pomocą rozsiewaczy wyposażonych w aplikatory do wysiewu rzędowego nawozów. Stosując natomiast azot w postaci ciekłej, z wykorzystaniem roztworu saletrzano-mocznikowego (RSM), najlepiej także podzielić dawkę na 2 lub 3 części (2, 5, 9).

Zapotrzebowanie kukurydzy na azot można określić za pomocą szacunkowego bilansu azotu lub wykonując oznaczenia  $N_{\min}$  w glebie. Niewielka zawartość  $N_{\min}$  w glebie informuje o dużych potrzebach nawożenia N oraz o konieczności zastosowania dużej dawki nawozów. Natomiast duża koncentracja  $N_{\min}$  umożliwi ograniczenie nawożenia N. W tabeli 4 przedstawiono potrzeby nawożenia kukurydzy azotem na podstawie  $N_{\min}$  oznaczonego wczesną wiosną oraz orientacyjne dawki w zależności od jego zawartości (5, 12).

Tabela 4

Potrzeby nawożenia azotem na podstawie zawartości  $N_{\min}$  ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) wczesną wiosną  
w warstwie gleby 0–60 cm

Kategoria agronomiczna gleby	Potrzeby nawożenia azotem – zawartość $N_{\min}$				
	bardzo duże	duże	średnie	małe	bardzo małe
Lekka	do 40	41-60	61-81	81-100	powyżej 100
Średnia, ciężka	do 50	51-70	71-90	91-120	powyżej 100

Źródło: Fotyma i Maćkowiak, 2002 (4)

Kukurydza nie należy do roślin mających duże zapotrzebowanie na siarkę, ale siarka wpływa korzystnie na jakość jej ziarna. Przy niedoborze siarki obniża się zawartość białka w roślinie, czego wyraźnym symptomem jest zahamowanie wzrostu. Ponadto niedobór siarki prowadzi do obniżenia efektywności i wykorzystania azotu z nawozów azotowych. Każdy brakujący kilogram siarki na hektarze powoduje, że średnio około 15 kg zastosowanego azotu nie zostaje wykorzystane przez rośliny (7, 8). Nawożenie kukurydzy siarką jest szczególnie ważne w przypadku stosowania wysokich dawek azotu. Braki siarki w glebie mogą być uzupełnione przez stosowanie nawozów zawierających siarkę, np. siarczan amonu, siarczan potasu, superfosfat prosty lub regularne stosowanie obornika.

### Wapnowanie

Wapnowanie pól jest zabiegiem polepszającym strukturę gleby, zwiększającym aktywność mikrobiologiczną gleby oraz przyswajalność składników pokarmowych, głównie makroelementów (9). Zawartość przyswajalnego wapnia i magnezu w glebie jest ściśle powiązana z jej odczynem. W glebach zakwaszonych zazwyczaj mało jest

wapnia i magnezu, zmniejsza się też pobranie innych składników pokarmowych, co skutkuje niższymi plonami ziarna kukurydzy. Deficyt wapnia może wystąpić również przy stosowaniu wysokich dawek nawozów NPK. Stosowanie nawozów wapniowych pod kukurydzą jest konieczne, jeśli pH gleby wynosi poniżej 5,5. Dawka i forma wapna pod kukurydzą wyznaczana jest na podstawie potrzeb wapnowania, jak i kategorii agronomicznej gleby (2, 6, 7, 12). W zmianowaniu z kukurydzą najlepiej jest stosować nawóz wapniowy po zbiorze jej przedplonu, ponieważ długi okres od zбору do siewu kukurydzy pozwala doprowadzić glebę do prawidłowego odczynu (pH 6–7,5) (7, 9). Na glebach o niskim pH i niskiej zasobności w przyswajalny magnez zaleca się część nawozu wapniowego zastosować w formie wapna magnezowego. Długotrwałe efekty poprawy kwasowości gleby zapewnia regularne wapnowanie gleby małymi dawkami wapna. Na gleby lekkie zaleca się  $1,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  wapna węglanowego (CaO), na średnie –  $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  wapna węglanowego lub tlenkowego (CaO) i  $2,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  wapna tlenkowego CaO na gleby ciężkie (12).

### Nawożenie naturalne

W Polsce najczęściej stosowanym nawozem naturalnym pod kukurydzą jest obornik. Kukurydza należy do gatunków roślin, które dobrze wykorzystują składniki pokarmowe z tego nawozu. Dla kukurydzy obornik, oprócz makroskładników jest przede wszystkim dobrym i najtańszym źródłem mikroelementów (tab. 5) (18). Ponadto systematycznie stosowany obornik, szczególnie na glebach lżejszych, pozwala utrzymać optymalny poziom próchnicy w warstwie ornej gleby. Obornik to także nawóz, który zaleca się stosować na gleby wyczerpane z potasu. Z toną obornika trzody chlewnej wnosimy przeciętnie ok. 7 kg potasu, a z toną obornika owczego nawet 12 kg potasu (tab. 4.) (18). Pod kukurydzą zaleca się stosować  $25\text{--}30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  tego nawozu. W celu optymalizacji nawożenia należy wyliczać dawki składników z nawozów, do czego służą równoważniki nawozowe, które określają ilość składnika działającego w tym nawożeniu. Równoważnik 1 oznacza takie same działanie składnika w nawozach naturalnych i nawozach mineralnych. Mniejszy od 1 oznacza słabsze działanie składnika w nawozach naturalnych. I tak dla obornika równoważnik azotowy wynosi 0,3 w pierwszym roku po zastosowaniu i 0,1 w drugim. Żeby wyliczyć ilość azotu działającego w tym nawożeniu, w pierwszym roku po zastosowaniu, mnożymy dawkę nawozu (w  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ )  $\times$  zawartość azotu ( $\text{kg N} \cdot \text{t}^{-1}$  nawozu)  $\times$  równoważnik azotowy 0,3 i otrzymujemy ilość azotu działającego w tej dawce nawozu. Składniki pokarmowe z nawozów mineralnych nie są wykorzystywane przez rośliny w 100%, tylko w 70% stąd też wskaźnik wykorzystania dla nawozów mineralnych wynosi 0,7. Przykładowe dane dotyczące wartości nawozowej obornika przedstawiają tabele 5 i 6.

Tabela 5

Zawartość makroskładników pokarmowych w oborniku w zależności od gatunku zwierząt

Składnik % świeżej masy	Gatunek zwierząt lub rodzaj obornika			
	bydło	trzoda	konie	owce
Sucha masa	20,99	21,44	24,71	26,82
Azot (N)	0,47	0,51	0,54	0,75
Fosfor ( $P_2O_5$ )	0,28	0,44	0,29	0,38
Potas ( $K_2O$ )	0,65	0,68	0,90	1,19
Wapń (CaO)	0,43	0,44	0,43	0,58
Magnez (MgO)	0,15	0,18	0,16	0,19
Sód ( $Na_2O$ )	0,10	0,11	0,06	0,12

Źródło: Maćkowiak i Żebrowski, 2000 (18)

Tabela 6

Zawartość mikroskładników pokarmowych w oborniku w zależności od gatunku zwierząt

Składnik mg·kg <sup>-1</sup> s.m.	Gatunek zwierząt lub rodzaj obornika			
	bydło	trzoda	konie	owce
Bor (B)	20,9	15,9	13,6	18,4
Miedź (Cu)	21,5	22,5	12,3	18,4
Mangan (Mn)	345	288	270	290
Molibden (Mo)	1,66	1,57	0,94	1,23
Cynk (Zn)	173	213	94	112
Kobalt (Co)	1,8	1,46	1,02	0,86

Źródło: Maćkowiak i Żebrowski, 2000 (18)

W nawożeniu kukurydzy dużą rolę odgrywają również gnojowica i gnojówka, które znacznie różnią się działaniem od obornika (17). Ich nawozowe działanie jest dużo szybsze niż obornika, ponieważ większość substancji nawozowych znajduje się w formie mineralnej. Wartości równoważników azotu w pierwszym roku stosowania wynoszą dla gnojowicy i gnojówki: 0,5–0,7 (wartości mniejsze przy stosowaniu jesiennym, większe przy wiosennym). Natomiast fosfor i potas wnoszone do gleby z gnojowicą są tak samo dostępne dla roślin, jak z nawozów mineralnych (17). Gnojowicę pod kukurydzę najlepiej stosować w dwóch dawkach dzielonych: 20 m<sup>3</sup> należy aplikować przed siewem i drugą taką samą ilość po wschodach kukurydzy, gdy rośliny osiągną około 15 cm wysokości. Pod kukurydzę cała zalecana dawka azotu może być zastosowana w postaci gnojowicy (45 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>). Gnojówką nawozimy kukurydzę przedsięwzię, bez rozcieńczenia, stosując 15–20 m<sup>3</sup> tego nawozu na hektar. Przy ustalaniu dawki gnojówki pod kukurydzę uwzględniamy przede wszystkim zawartość w niej azotu i potasu oraz pamiętamy o konieczności dodatkowego nawożenia mineralnym fosforem. Przy stosowaniu gnojówki i gnojowicy dochodzi do strat azotu. Starty azotu z tych nawozów można ograniczyć, aplikując je w bezwietrzne dni, a następnie szybko wymieszać z glebą (17).



## Nawożenie mikroelementami

Rośliny kukurydzy do prawidłowego wzrostu i rozwoju oprócz makroelementów potrzebują również mikroelementów, pobieranych w ilościach znacznie mniejszych niż te pierwsze. Najtańszym źródłem mikroelementów dla kukurydzy jest obornik (tab. 5) (18). Jeśli kukurydza uprawiana jest w zmianowaniu, w którym regularnie stosowany jest obornik, to nie powinny wystąpić niedobory mikroelementów. W praktyce rzadko kukurydza uprawiana jest w zmianowaniu, dlatego też występujące objawy niedoboru któregoś ze składników pokarmowych stwierdzone w czasie wegetacji można najszybciej uzupełnić poprzez nawożenie dolistne (16). Obecnie na rynku oferowana jest cała gama specjalistycznych, wieloskładnikowych nawozów płynnych przeznaczonych do dolistnego dokarmiania kukurydzy (oznaczonych często literami KU), nawozów uniwersalnych do dokarmiania różnych gatunków roślin, czy też nawozów mikroelementowych w formie schelatyzowanej. Stosowanie dolistnych nawozów mikroelementowych lub nawozów wieloskładnikowych w kukurydzy poprawia jakość ziarna i zapewnia lepsze wyrównanie plonu (15, 16). Pozwala również uzupełnić szybko i efektywnie niedobory nawożenia przedsięwziętego.

W uprawie kukurydzy najważniejszą rolę odgrywają następujące mikroelementy: cynk, miedź i mangan. Cynk to przede wszystkim składnik enzymów łańcucha fotosyntezy. Zwiększa odporność roślin na suszę i choroby oraz poprawia efektywność nawożenia azotowego, co korzystnie wpływa na uzyskanie porównywalnych, a nawet większych plonów przy stosowaniu niższych dawek azotu mineralnego (2, 13). Niedobór tego mikroelementu prowadzi do zahamowania wzrostu roślin z powodu małej ilości auksyn – hormonów roślinnych stymulujących wzrost. W efekcie liście rosną, ale są zwykle mniejsze. Kukurydza jest jedną z najbardziej wrażliwych roślin na brak cynku i wykazuje duże zapotrzebowanie na ten składnik pokarmowy. Charakterystycznym symptomem braku cynku u kukurydzy są białe pasy po obu stronach głównego nerwu liścia. Zwykle niedobór cynku pojawia się na glebach świeżo wapnowanych oraz przenawożonych mineralnym fosforem. W praktyce często ze znacznym deficytem cynku spotykamy się na plantacjach kukurydzy uprawianej w monokulturze. Z badań wynika, że kukurydza jest szczególnie wrażliwa na niedobór tego mikroelementu w początkowych okresach wzrostu.

Miedź jest składnikiem m.in. enzymów oddechowych oraz utleniających. Niedostateczne odżywienie kukurydzy miedzią powoduje słabe zapylenie i rozwój ziaren oraz kolb kukurydzy. W naszych glebach stwierdza się dość duży deficyt tego składnika, co wpływa ograniczająco na plonowanie roślin. W dodatku miedź, podobnie jak cynk, jest słabiej przyswajalna z gleb zasobnych w materię organiczną, która silnie ją sorbuje i w efekcie czyni mało dostępną dla roślin. Dostępność miedzi dla roślin rośnie natomiast w miarę wzrostu zakwaszenia gleby, np. po zastosowaniu nawozów fizjologicznie kwaśnych. Charakterystycznym objawem braku miedzi u kukurydzy jest słabe zawiązywanie kolb. Najbardziej wrażliwe na brak miedzi są młode liście, które przy znacznym niedoborze tego składnika więdną i skręcają się. Często pojawiają się

również na nich brązowe plamy. Długotrwały brak miedzi może spowalniać wzrost całej rośliny (2, 13).

Mangan odpowiada za prawidłowy przebieg procesu fotosyntezy. Poza tym jest ważnym czynnikiem biosyntezy kwasów tłuszczowych, aktywuje wzrost rośliny, wiąże wolne rodniki powstające w warunkach stresowych. Brak manganu może nie tylko obniżać plon, ale przede wszystkim pogarszać jakość ziarna kukurydzy. Długotrwały niedobór manganu u kukurydzy powoduje spadek ogólnej kondycji roślin plantacji, zaburza prawidłowy wzrost i rozwój roślin oraz zwiększa porażenie kukurydzy przez choroby. Objawy niedoboru manganu u kukurydzy mogą być wyraźne, ale często są utajone. Dlatego też zaleca się wykonywać profilaktyczne opryski roślin kukurydzy chelatami manganu. Szacuje się, że 85% gleb wykazuje średnią, a 8% wysoką zasobność w ten pierwiastek, a więc naturalne zasoby manganu, w większości naszych gleb, w porównaniu z innymi mikroelementami, są znaczne, niemniej to właśnie mangan nie zawsze jest dobrze przyswajalny dla roślin. Na glebach zakwaszonych z niedoborami manganu spotykamy się rzadko, gdyż niskie pH stymuluje przyswajalność tego mikroelementu. Natomiast na glebach o pH >7,0 mogą pojawiać się niedobory manganu u roślin.

Zabieg dolistnego dokarmiania kukurydzy można wykonywać w okresie od fazy 6 liścia do fazy, w której rośliny osiągną około 40 cm wzrostu. Maksymalnie można wykonywać trzy opryski w odstępach co 6–10 dni (7, 16). Natomiast w kolejnych fazach rozwojowych, gdy kukurydza jest już wyższa, nie wykonuje się nawożenia nalistnego roślin, ze względu na utrudniony wjazd sprzętu w łan kukurydzy (7, 16).

### Podsumowanie

Prognozuje się, że do roku 2050 popyt na kukurydzę ulegnie podwojeniu, a do roku 2025 jej produkcja zdominuje produkcję zbóż (20). Na plonowanie kukurydzy w Polsce największy wpływ będą miały wahania temperatur i opadów. Dalszy rozwój uprawy kukurydzy na ziarno i wzrost plonów ograniczany może być ze względu na presję chorób i szkodników oraz przeznaczanie pod uprawę kukurydzy coraz słabszych gleb (21). Siew kukurydzy na słabszych stanowiskach wymagać będzie opracowania nowych technologii uprawy.

### Literatura

1. Baran A., Pińczuk G., Zając T., Jasiewicz C.: Wpływ odmiany i sposobu nawożenia na zawartość i nagromadzenie makroelementów w charakterystycznych fazach rozwojowych kukurydzy (*Zea mays*) Acta Agrophysica, 2011, **17(2)**: 255-265.
2. Dubas A. (red.): Technologia produkcji kukurydzy. Wieś Jutra, Warszawa 2004, ss. 7-65.
3. Dubas A., Menzel L.: Uprawa kukurydzy w systemie bezorkowym po różnych przedplonach. Folia Universitatis Sterinensis, 195, Agricultura, 1999, **74**: 147-155.
4. Fotyma E., Maćkowiak C.: Nawożenie kukurydzy. Wieś Jutra, 2002, ss. 36-38.
5. Grzebisz W.: Nawożenie Roślin Uprawnych. Podstawy Nawożenia. Tom 1. PWRiL, Warszawa 2008, ss. 424.

6. Grzebiś W.: Nawożenie Roślin Uprawnych. Tom 2. Nawozy i Systemy Nawożenia. PWRiL, Warszawa 2009, ss. 375.
7. Grzebiś W.: Technologie Nawożenia Roślin Uprawnych. Fizjologia Plonowania. Zboża i Kukurydza. Tom 2. PWRiL, Warszawa 2012, ss. 280.
8. Grzebiś W.: Kukurydza – utrzymać poziom?! Kukurydza roślina przyszłości spełnia oczekiwania. Poradnik dla producentów. Agro Serwis, 2013, ss. 37-41.
9. Grześkowiak A.: System nawożenia „POLICE”. Agencja Reklamowa DCS Sp. z o.o., 2003, ss 68.
10. GUS: Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2012. Opracowanie „Produkcja upraw rolnych i ogrodnich w 2012 r.” jest tematycznym rozwinięciem publikacji „Wyniki produkcji roślinnej w 2012 r.”, wydanej przez GUS w kwietniu 2013 r., 2012, ss 124.
11. Kaniuczak Z., Pruszyński S. (red.): Integrowana produkcja kukurydzy. Opracowanie zbiorowe. IOR, Program Wieloletni 2006–2010. 3.1. Integrowane Programy Ochrony Roślin jako podstawa nowoczesnych technologii produkcji roślin rolniczych, 2007, ss.78.
12. Jadczyzyn T., Kowalczyk J., Lipiński W.: Nawożenie mineralne na gruntach ornym i użytkach zielonych, 2013, **184**:1-24.
13. Kopciewicz J., Lewak S.: Fizjologia roślin. Wyd. PWN, Warszawa 2002, ss. 22-88.
14. Kruczek A., Szulc P.: Wpływ wielkości dawki fosforu, rodzaju nawozu i sposobu nawożenia na plonowanie kukurydzy uprawianej na ziarno. Pamiętnik Puławski, 2005, **140**: 150-157.
15. Kruczek G., Bober A.: Wpływ różnych sposobów dokarmiania roślin na zawartość miedzi, cynku, manganu i żelaza w ziarnie kukurydzy. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 2004, **502**: 181-187.
16. Kruczek G., Bober A., Bobrecka-Jamro D.: Wpływ różnych sposobów dokarmiania roślin na plon i zawartość makroelementów w ziarnie kukurydzy. Mat. Konf. „Stan obecny i perspektywy uprawy kukurydzy w Polsce” Puławy, 16–17 listopada 2004, s. 31.
17. Maćkowiak C.: Porównanie działania gnojowicy i nawozów mineralnych. Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization, IUNG, 2000, **4(5)**: 110-118.
18. Maćkowiak C., Żebroński J.: Skład chemiczny obornika w Polsce, Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization, IUNG, 2000, **4(5)**: 119-130.
19. Michalski T.: Rosnące znaczenie kukurydzy. Kukurydza roślina przyszłości spełnia oczekiwania. Poradnik dla producentów. Agro Serwis, 2013, ss. 3-8.
20. Rosegrant M.R., Ringler C., Sulser T.B., Ewing M., Palazzo A., Zhu T.: Agriculture and food security under global change: Prospects for 2025/2050 (Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute), 2009. Prepared for the Strategy Committee of the CGIAR.
21. Tekieła A.: Najważniejsze choroby kukurydzy. Kukurydza rośliną przyszłości. Poradnik dla producentów. Agro Serwis, 2001, ss. 29-31.
22. Sulewska H.: Generative development of maize inbred lines grown on plastic foil mulch and its characterization by number of days and sum of heat units. PTPN.T., 1997, **83**: 115-121.
23. Sulewska H.: Kukurydza w monokulturze – zagrożenia. Poradnik Rolnika, Agrotechnika, 2008, **3**: 22-24.

---

Adres do korespondencji:

*dr inż. Dorota Pikuła*  
*Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Czartoryskich 8*  
*24-100 Puławy*  
*tel.(81) 886 34 21 w. 258*  
*e-mail: dpikula@iung.pulawy.pl*

